

CLIPPEDIMAGE= JP409153643A
PAT-NO: JP409153643A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09153643 A
TITLE: GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

PUBN-DATE: June 10, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KOIKE, MASAYOSHI
ASAMI, SHINYA
OZAWA, TAKAHIRO
KACHI, TORU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TOYODA GOSEI CO LTD
TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC

COUNTRY

N/A
N/A

APPL-NO: JP07338115

APPL-DATE: November 30, 1995

INT-CL_(IPC): H01L033/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the performance of an element composed by using a group III nitride semiconductor by making the thickness of a specified layer a specific value.

SOLUTION: A light emitting diode 10 has a buffer layer 2 of AlN formed on a sapphire substrate 1. And, on the buffer layer 2, a high-carrier-concentration n<SP>+</SP> layer 3 composed of GaN, an n layer 4 composed of GaN, a luminous layer 5 composed of InGaN, a p layer 61 composed of AlGaN, and a contact layer 62 composed of GaN are formed in order on the buffer layer 2. A base layer is the high-carrier-concentration n<SP>+</SP> layer 3, and an element layer is composed of line n layer 4, the luminous

layer 5, the p layer 61, and the contact layer 62. And the thickness of the laser layer 3 is 10-50 μ m. By making the thickness of GaN being the base layer 3 10-50 μ m in this way, inside stress by the differences between the lattice constants and the coefficients of thermal expansion of the sapphire substrate 1 and GaN is eased. In addition, the defect density of crystal lattices lowers by the decrease of misfit dislocation. As the result of this, the luminous efficacy increases.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-153643

(43) 公開日 平成9年(1997)6月10日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 33/00

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平7-338115

(22) 出願日

平成7年(1995)11月30日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長瀬字機道41番地の1

(72) 発明者 小池 正好

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人 弁理士 藤谷 悠

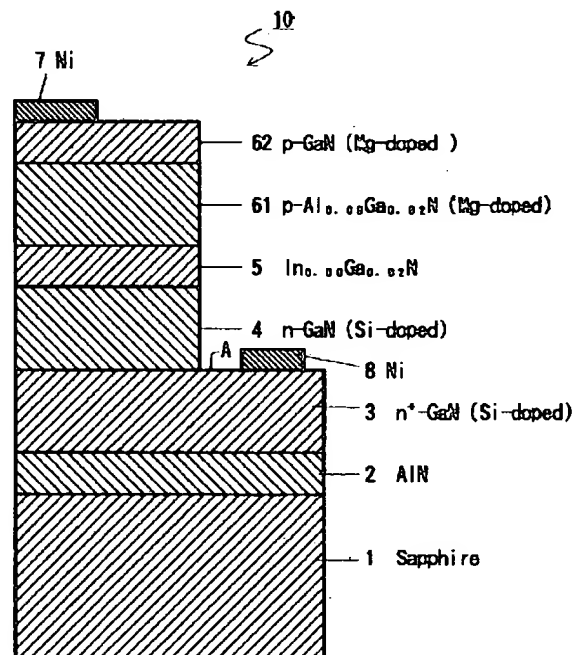
最末页に続く

(54) 【発明の名称】 3族窒化物半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 3族窒化物半導体を用いた素子の性能を向上させること。

【解決手段】 基板1と基板上に形成されたバッファ層2とそのバッファ層上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層3とその基底層上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層4、5、61、62とを有する半導体素子10において、基底層3の厚さを10～50 μ mとした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と基板上に形成されたバッファ層とそのバッファ層上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層とその基底層上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層とを有する半導体素子において、前記基底層の厚さを10～50 μm としたことを特徴とする3族窒化物半導体素子。

【請求項2】前記基底層は $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ であることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項3】前記バッファ層は AlN 、 GaN 、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ のうちの何れか1つであることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項4】前記素子層は3族窒化物半導体から成る発光素子を有することを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項5】前記基板はサファイア基板であることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3族窒化物半導体素子の素子機能を向上させたものに関する。

【0002】

【従来技術】従来、サファイア基板上にバッファ層を形成して、そのバッファ層上に GaN から成る基底層を厚さ1～3 μm に形成し、その基底層上に InAlGaN から成るヘテロ接合の発光層を形成した発光素子が知られている。この発光素子の各層の形成は有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような素子においては、発光層のエッチピット密度が $10^7/\text{cm}^2$ と高く、高輝度発光素子が得られない原因となっていた。この原因は、サファイア基板と GaN との格子定数の差が大きいことが主たる原因となっている。本発明者は、この発光層の結晶性を向上させるために各種実験した結果、 GaN の基底層の厚さを10～50 μm とすることで、発光層のエッチピット密度を大きく減少させることができることを見出した。

【0004】本発明は、このような発見に基づくものであり、その目的は、3族窒化物半導体を用いた素子の性能を向上させることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の特徴は、基板と基板上に形成されたバッファ層とそのバッファ層上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層とその基底層上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層とを有する半導体素子において、基底層の厚さを10～50 μm としたことである。

【0006】基底層をこの厚さに形成することで、素子層のエッチピット密度を大きく低下させることができ、

その結果として素子の性能を向上させることができた。

【0007】本発明は、3族窒化物半導体を異種物質の基板上に形成する場合に応用できる。特に、基板をサファイア、バッファ層を AlN 、基底層を GaN 、 AlInGaN として、その基底層の上に InAlGaN 等の3族窒化物半導体から成る発光ダイオード、レーザダイオード、受光素子、その他の機能素子を形成するのに有効である。

【0008】

【発明の実施の形態】

第1実施例

図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に500 \AA の AlN のバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約20 μm 、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドープ GaN から成る高キャリア濃度 n^+ 層3、膜厚0.5 μm 、電子濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のシリコンドープの GaN から成る n 層4、膜厚約0.05 μm の $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ から成る発光層5、膜厚約1.0 μm 、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ にマグネシウムがドーパされた $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ から成る p 層61、膜厚約0.2 μm 、ホール濃度 $7 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム濃度 $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドープの GaN から成るコンタクト層62が形成されている。そして、コンタクト層62上にはその層62に接合する Ni から成る電極7が形成されている。さらに、高キャリア濃度 n^+ 層3の表面の一部は露出しており、その露出部にその層3に接合する Ni から成る電極8が形成されている。尚、基底層は高キャリア濃度 n^+ 層3であり、素子層は n 層4、発光層5、 p 層61、コンタクト層62で構成されている。

【0009】次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、 NH_3 とキャリアガス H_2 又は N_2 とトリメチルガリウム($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMA」と記す)とトリメチルインジウム($\text{In}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMI」と記す)と、シラン(SiH_4)と、ジエチル亜鉛(以下、「DEZ」と記す)とシクロペンタジエニルマグネシウム($\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) (以下「 CP_2Mg 」と記す)である。

【0010】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄した a 面を主面とする厚さ100～400 μm の単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセアタに装着する。次に、常圧で H_2 を流速2 liter/分で反応室に流しながら温度1100 $^\circ\text{C}$ でサファイア基板1を気相エッチングした。

【0011】次に、温度を400 $^\circ\text{C}$ まで低下させて、 H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMAを 1.8×10^{-5} モル/分で供給して AlN のバッファ層2が約500 \AA の厚さに形成された。次に、サファイア基板1の温度を1150

℃に保持し、 H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.7×10^{-4} ル/分、 H_2 ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 20×10^{-8} mol/分で300分供給して、膜厚約20 μm 、電子濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコンドープのGa Nから成る高キャリア濃度 n^+ 層3を形成した。

【0012】次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、 N_2 又は H_2 を10 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、及び、 H_2 ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 1×10^{-8} mol/分で、7分供給して、膜厚約0.5 μm 、濃度 $1 \times 10^{17}/cm^3$ のシリコンドープのGa Nから成る n 層4を形成した。

【0013】続いて、温度を850℃に保持し、 N_2 又は H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.53×10^{-4} モル/分、及び、TMIを 2.0×10^{-4} モル/分、DEZを 4.0×10^{-7} モル/分、シランを 3.0×10^{-9} モル/分で、6分間供給して0.05 μm の $In_{0.08}Ga_{0.92}N$ から成る亜鉛とシリコンとをドープした発光層5を形成した。

【0014】続いて、温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、TMAを 0.47×10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 2×10^{-4} モル/分で60分間導入し、膜厚約1.0 μm のマグネシウム(Mg)ドープの $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ から成るp層61を形成した。p層61のマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{20}/cm^3$ である。この状態では、p層61は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上の絶縁体である。

【0015】続いて、温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 4×10^{-4} モル/分の割合で4分間導入し、膜厚約0.2 μm のマグネシウム(Mg)ドープのGa Nから成るコンタクト層62を形成した。コンタクト層62のマグネシウムの濃度は $2 \times 10^{20}/cm^3$ である。この状態では、コンタクト層62は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上の絶縁体である。

【0016】次に、図3に示すように、コンタクト層62の上に、スパッタリングにより SiO_2 層9を2000Åの厚さに形成し、その SiO_2 層9上にフォトリソスト10を塗布した。そして、フォトリソグラフにより、図3に示すように、コンタクト層62上において、高キャリア濃度 n^+ 層3に対する電極形成部位A'のフォトリソスト10を除去した。次に、図4に示すように、フォトリソスト10によって覆われていない SiO_2 層9をBHF等のフッ化水素酸系エッチング液で除去した。続いて、フォトリソスト10を除去した。

【0017】次に、上記試料をアニール炉に配置し、塩素ガスを流して、1000℃で60分間加熱した。この処理により、コンタクト層62、p層61、発光層5、 n 層4がエッチングされ、図5に示すように、高キャリア濃度 n^+ 層3に対する電極取出しのための孔Aが形成された。

【0018】この処理により、コンタクト層62、p層

61は、それぞれ、ホール濃度 $7 \times 10^{17}/cm^3$ 、 $5 \times 10^{17}/cm^3$ 、抵抗率 $2 \Omega cm$ 、 $0.8 \Omega cm$ のp伝導型半導体となった。

【0019】次に、試料の上全面に、一様にNiを蒸着し、フォトリソの塗布、フォトリソグラフィ工程、エッチング工程を経て、図1に示すように、高キャリア濃度 n^+ 層3及びコンタクト層62に対する電極8、7を形成した。その後、上記の如く処理されたウエハを各チップに切断して、発光ダイオードチップを得た。

【0020】このようにして得られた発光素子の発光スペクトルを測定したところ、駆動電流20mAで、発光ピーク波長450nm、発光強度2000mcdであった。

【0021】上記の実施例では、エッチングにおいて、1000℃の塩素ガス雰囲気を用いられたが、塩素ガスの他、水素ガス、塩化水素ガスを用いることができる。さらに、塩素ガス、水素ガス、塩化水素ガスのうち、2種類又は3種類の混合ガスを用いても良い。ガス雰囲気の温度範囲は、800～1200℃において高いエッチングレート $10 \sim 1000 \text{Å}/分$ が得られた。保護膜には SiO_2 を用いたが Si_3N_4 を用いても良い。

【0022】発光層5のバンドギャップが両側に存在するp層61と n 層4のバンドギャップよりも小さくなるようなダブルヘテロ接合に形成されている。又、発光層5とp層61の成分比は、Ga Nの高キャリア濃度 n^+ 層の格子定数に一致するように選択されている。

【0023】次に、基底層の厚さを変化させて、エッチビット密度を測定した結果について説明する。a面のサファイア基板1上に上記の条件でAlNのパッファ層2を500Åの厚さに形成した後、基底層としてGa Nの n^+ 層3を上記条件で厚さだけを各種変化させて形成した。 n^+ 層3の厚さに対するエッチビット密度の測定結果を図6に示す。図6から n^+ 層3の厚さを10倍にすれば、エッチビット密度は1/100に減少していることが分かる。従来の素子では、 n^+ 層3の厚さは1～3 μm であるので、エッチビット密度は $10^7/cm^2$ である。 n^+ 層3の厚さを10～50 μm とすることで、エッチビット密度を $10^6 \sim 4 \times 10^4/cm^2$ に減少させることができる。これは、従来素子に比べて、1/10～1/1000にエッチビット密度を減少させることができることを意味している。

【0024】次に、上記と同様にして、基底層として不純物無添加のGa N層を厚さを各種変化させて形成し、その基底層の上にマグネシウム添加のGa N層を形成し、その層のカソードルミネッセンス強度を測定した。基底層の厚さとカソードルミネッセンス強度との関係を図7に示す。尚、この実験は、サファイア基板のa面とc面とに対して行われた。

【0025】a面のサファイア基板を用いた場合には、基底層のGa Nの厚さを2.5 μm から44 μm と18倍にすることで、バンド間遷移による発光強度が2倍に増加し、アクセプタ準位を介する遷移による発光強度が

1. 6倍に向上しているのが理解される。又、c面のサファイア基板を用いた場合には、基底層のGa_{0.99}Nの厚さを18 μ mから44 μ mと1.4倍にすることで、バンド間遷移による発光強度が1.3倍に増加し、アクセプタ準位を介する遷移による発光強度が1.2倍に向上しているのが理解される。

【0026】このように、基底層であるGa_{0.99}Nの厚さを10～50 μ mとすることにより、サファイア基板とGa_{0.99}Nとの格子定数及び熱膨張率の差による内部ストレスが緩和され、さらに、ミスフィット転位が減少することにより、結晶格子欠陥密度が低下している。この結果、発光効率の向上が見られる。

【0027】尚、上記実施例では、n層4にGa_{0.99}Nを用いているが、n伝導型のAlGa_{0.99}N、AlInGa_{0.99}Nを用いても良い。又、発光層5にはInGaAlN等の単層及び多重の量子井戸構造を用いても良い。さらに、基板としては、サファイアその他、SiC、ZnOを用いることができる。又、バッファ層にはGa_{0.99}N、AlGa_{0.99}N、InAlGa_{0.99}N、基底層には任意組成比のInAlGa_{0.99}N等の3族窒化物半導体を用いても同様な効果が得られる。

【0028】上記実施例は発光ダイオードについて説明したが、レーザダイオード、光電気変換素子、FETやその他の半導体素子であっても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な第1実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図。

【図2】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図3】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図4】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図6】基底層の厚さとエッチピット密度との関係を示した測定図。

【図7】基底層の厚さとカソードルミネッセンス強度との関係を示した測定図。

【符号の説明】

10…発光ダイオード

1…サファイア基板

2…バッファ層

3…高キャリア濃度n⁺層

4…n層

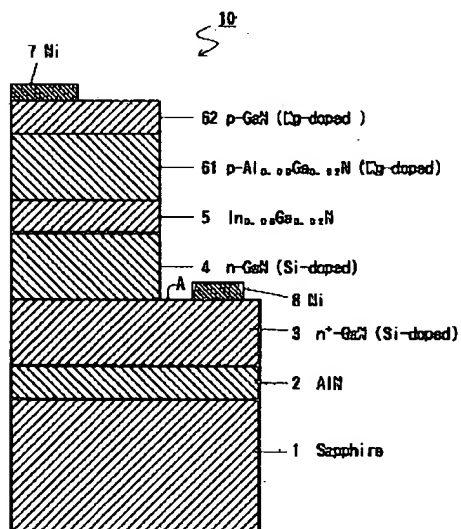
5…発光層

61…p層

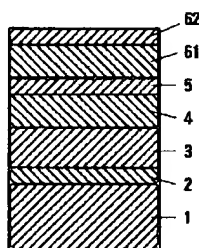
62…コンタクト層

7, 8…電極

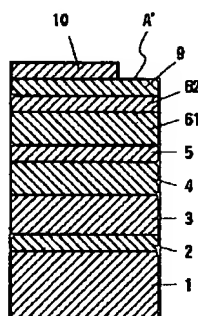
【図1】



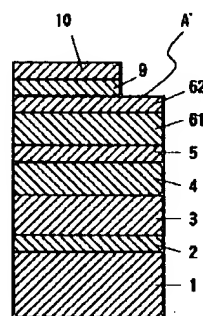
【図2】



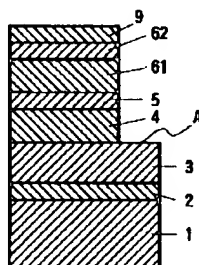
【図3】



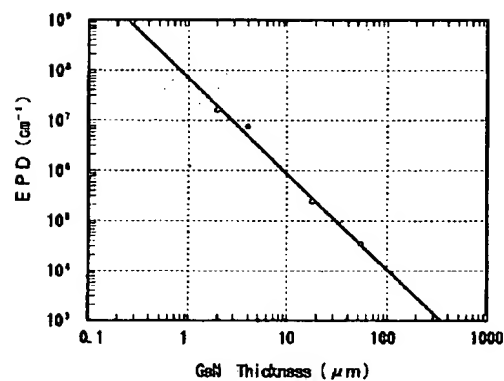
【図4】



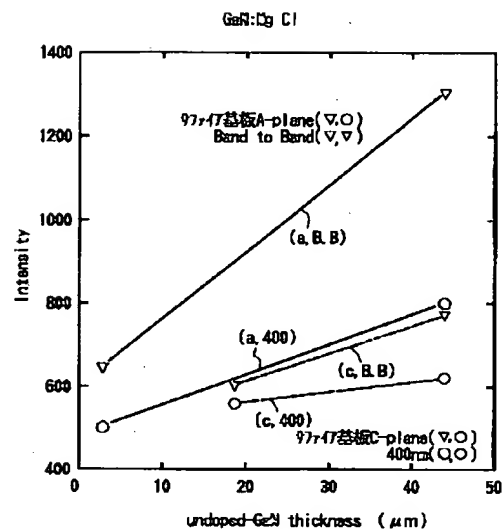
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 浅見 慎也
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小澤 隆弘
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 加地 徹
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内